

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Elektroniikka / tietoliikennetekniikka

Timo Tentke

PAIKANTAMINEN LANGATTOMASSA LÄHIVERKOSSA CISCO WIRELESS
CONTROL SYSTEM -OHJELMALLA

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Elektroniikan koulutusohjelma

TENTKE, TIMO	Paikantaminen langattomassa lähiverkossa Cisco Wireless Control System -ohjelmalla
Opinnäytetyö	34 sivua + 4 liitesivua
Työn ohjaajat	yliopettaja Martti Kettunen, lehtori Jouko Pahlama
Toimeksiantaja	Kymenlaakson ammattikorkeakoulu Oy
Huhtikuu 2010	
Avainsanat	WLAN, WCS, paikantaminen, paikannus, langattomat lähiverkot

WLAN-pohjaiset paikannusjärjestelmät ovat toimiva tapa hoitaa käyttäjien päätelaitteiden paikantamista sisätiloissa. Monissa yrityksissä on olemassa valmis langaton lähiverkko, joten sen hyödyntäminen paikantamiseen voi olla mahdollista ilman kovinkaan suuria lisäkustannuksia.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli WLAN-paikantamisen testaaminen Cisco Wireless Control System -ohjelmalla. WCS:n laittaminen käyttökuntoon paikantamista varten oli myös osa opinnäytetyötä. Raportissa on esitetty lyhyesti eri paikantamismenetelmiä sekä langattoman lähiverkon teoriaa. Työn alkuperäisenä tavoitteena oli testata reaaliaikaista paikantamista, mutta valitettavasti Wireless Control System ei mahdollistanut kyseistä toimintaa ilman erillistä Location Appliance -palvelinta, jota ei ollut käytettävissä. Tästä johtuen opinnäytetyön sisällöksi jäi tutkia, kuinka tarkkaan paikantamiseen WCS soveltuu ja mitkä seikat vaikuttavat paikannuksen lopputulokseen.

Optimaalisissa oloissa paikannuksen tarkkuudeksi saavutettiin noin 2 metriä. Paikannuksen tulosta ei voinut arvioida kovinkaan tarkasti, sillä kohteen sijainti todettiin graafisesti pohjapiirustuksesta. Tilanteissa, joissa tukiasemat eivät ole paikannettavan laitteen ympäröiminä, paikannuksen tarkkuudeksi saatiin 3 - 6 metriä noin 50 %:n todennäköisyydellä. Jokaisessa paikannuksessa oli mahdollisuus tulosten satunnaisiin vaihteluihin. Näiden vaihteluiden vaikutus paikannustuloksiin vaikeissa paikannustilanteissa oli jopa 10 metriä. Optimaalisissa tilanteissa tulosten vaihtelua oli selvästi vähemmän.

Testien tuloksista ei voi tehdä täysin yksiselitteistä johtopäätöstä tekniikan toimivuudesta esimerkiksi yritysoloissa, sillä tukiasemien etäisyydet toisistaan olivat lyhemmät kuin tuotantokäytössä normaalisti on. Signaalin voimakkuuksia ei erikseen mitattu, joten varsinaisia raja-arvoja tekniikan toimivuudelle RSSI:n puolesta ei voi todeta kuin huomioimalla ilmoitetun vähimmäissuosituksen olevan -72 dBm.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Electronics

TENTKE, TIMO

Location Determination in Wireless Local Area Network
with the Cisco Wireless Control System

Bachelor's Thesis

34 pages + 4 pages of appendices

Supervisors

Martti Kettunen, Principal Lecturer,
Jouko Pahlama, Senior Lecturer

Commissioned by

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu Oy

April 2010

Keywords

WLAN, WCS, location, wireless technology

WLAN based location systems are a functional way to manage the positioning of user terminals indoors. Many companies have a wireless local area network which can be used as a basis for WLAN location determination in a cost-effective way.

The purpose of this Bachelor's thesis work was to pilot WLAN positioning with the Cisco Wireless Control System program. Making WCS to be operational for locationing was also part of the Bachelor's thesis work. In this paper, different localization methods and the theory of wireless local area network are represented briefly. The original goal of the thesis work was to test real-time location determination. Unfortunately, the Wireless Control System used could not provide that function without separate location appliance server, which was not available. Because of this, the goal of the Bachelor's thesis work was to study how accurate locationing with WCS is and what matters it involves.

In optimal circumstances, the accuracy of location was approximately 2 meters. The result of location could not be estimated with great accuracy because the target's location was determined graphically in the floor plan. When the access points were not around the target of location, the location accuracy was approximately 3 - 6 meters in 50 % of the cases. In every measured location, there was a chance for random variation in the result. These variations could be as much as 10 meters in difficult situations. In an optimal situation, there was clearly less random variation.

The final conclusion about the functionality of the technology cannot be made from the results of the tests because the access points' distances from each other were shorter than ones normally used in production. Since the signal strengths were not measured, limiting values for where the technique functions cannot be given other than noting that the announced minimum recommendation is -72 dBm.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
LYHENNELUETTELO	6
1 JOHDANTO	9
2 LANGATON LÄHIVERKKO	9
2.1 Yleistä langattomista lähiverkoista	9
2.2 WLAN-standardit	10
2.2.1 IEEE 802.11	10
2.2.2 IEEE 802.11b	11
2.2.3 IEEE 802.11a	11
2.2.4 IEEE 802.11g	11
2.2.5 IEEE 802.11n	12
2.2.6 Muita IEEE 802.11 -standardeja	12
2.3 Vuoronvaraus	12
2.4 WLAN-arkkitehtuuri	13
2.5 LWAPP-protokolla ja keskitetty hallinta	14
2.6 Kontrollerin graafinen hallintaohjelma	14
3 CISCO WIRELESS CONTROL SYSTEM	15
3.1 Yleistä	15
3.2 Ohjelma	16
3.3 Tärkeimpiä ominaisuuksia	17
3.3.1 Kartat	18
3.3.2 Tukiasemien sijoittelu	18
3.4 WLAN-laitteet ja niiden merkinnät kartalla	19
3.4.1 Client	19
3.4.2 Rogue Client	19
3.4.3 Access Point	20
3.4.4 Rogue Access Point	20

4	PAIKANTAMINEN	20
4.1	WLAN-paikantaminen	21
4.1.1	Tukiasemat havaitseva paikannus	21
4.1.2	Mittauspisteiden avulla paikantaminen	22
4.2	Tarkkuus ja luotettavuus	22
4.3	Tarkkaan paikannukseen vaikuttavia seikkoja WCS-ohjelmassa	23
5	TYÖN TOTEUTUS	24
5.1	Alustus	24
5.2	Paikantaminen WCS-ohjelmalla	26
5.3	Tulokset	26
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	31
	LÄHTEET	33
	LIITTEET	35
	Liite 1. Konfiguraatiot	

LYHENNELUETTELO

ACS	Access Control Server, pääsynhallintapalvelin
AP	Access Point, tukiasema
BSS	Basic Service Set, peruspalveluverkko, WLAN-yhteyspisteen kattavuus- alue
Bluetooth	Bluetooth, tiedonsiirtotekniikka
CCK	Complementary Code Keying, modulointitekniikka
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance, siirtotien va- rausmenetelmä törmäysten välttämiseksi
CTS	Clear to Send, lähetyslupa
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol, IP-osoitteiden jakeluun käytetty verkkoprotokolla
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum, suorasekvenssihajaspektritekniikka, modulointitekniikka
ESS	Extended Service Set, laajennettu peruspalveluverkko, yhteen liitettyjen yhteyspisteiden kattavuusalue
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum, taajuushyppelyhajaspektritek- niikka
GPS	Global Positioning System, satelliittipaikannusjärjestelmä
LAN	Local Area Network, lähiverkko

IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, kansainvälinen tekniikan alan järjestö
LAP	Lightweight Access Point, kevyt tukiasema
LWAP	Lightweight Access Point, kevyt tukiasema
LWAPP	Lightweight Access Point Protocol, hallittavien tukiasemien ja kontroloreiden välillä käytettävä protokolla
MAC address	Media Access Control address, verkkosovittimen fyysinen osoite
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output, tiedonsiirtotekniikka, jossa lähetyksessä ja vastaanotossa käytetään samanaikaisesti useampaa kuin yhtä antenniparia
OFDM	Orthogonal frequency division multiplexing, monikantoaaltomodulointi
PoE	Power over Ethernet, virransyöttö verkkokaapelin kautta
QOS	Quality of Service, palvelun laatu
RFID	Radio Frequency Identification, saattomuisti, radiotaajuinen etätunnistus
RSSI	Received Signal Strength Indication, tehonmittauksen esitys vastaanotetuista radioaalloista
RTS	Request to Send, lähetyspyyntö
SSID	Service Set Identifier, langattoman verkon tunnus
UWB	Ultra Wideband, tiedonsiirtotekniikka
VLAN	Virtual Local Area Network, virtuaalinen lähiverkko

WCS	Wireless Control System, langaton kontrollointijärjestelmä, kontrollerien keskitetty hallintaohjelmisto
Wi-Fi	Wi-Fi, markkinointinimi IEEE 802.11 -standardien WLAN-laitteille
Wi-Fi Tag	Tag, tägi, langattoman verkon laite, jota hyödynnetään pääasiassa paikantamisessa
WLAN	Wireless Local Area Network, langaton lähiverkko
WLC	Wireless LAN Controller, kontrolleri

1 JOHDANTO

Tämän Kymenlaakson ammattikorkeakoulun tietoliikennelaboratoriossa tekemäni opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua Cisco Wireless Control Systems -ohjelman (WCS) mahdollisuuksiin paikantaa omassa langattomassa verkossaan käyttäjiä sekä muita verkon laitteita. WCS on kontrolleripohjainen langattoman verkon keskitetty hallintajärjestelmä, joka soveltuu parhaiten sekä keskikokoisiin yritysverkkoihin että suuryritysten verkkoratkaisuksi niin hintansa kuin käytettävyytensä osalta.

Langattomat verkot ja niiden hyödyntäminen paikantamiseen on lisääntynyt kustannustehokkuuden takia. Opinnäytetyössäni tutustun erityisesti paikantamisen tarkkuuteen ja sen luotettavuuteen, mutta työssä esitellään myös aiheeseen liittyvää teoriaa. Yleisimpiä ongelmia langattomalla verkolla tehdyssä paikannuksessa ovat signaalin kulkua häiritsevät esteet ja niiden huomioon ottaminen sekä itse tekniikan sisältämät rajoitukset ja heikkoudet.

Työn sisältö rajoittuu IEEE 802.11 -standardien mukaisiin langattomiin verkkoihin, mutta langattoman verkon tietoturvaa ei kuitenkaan käsitellä.

2 LANGATON LÄHIVERKKO

Langattoman lähiverkon käyttö on monelle meistä arkipäivää. Kotona tai töissä internetiä käytetään usein langattoman verkkoyhteyden kautta, sillä sen käyttömukavuus päätelaitteiden helpon liikuteltavuuden ansiosta on parempi kuin langallisessa verkossa. Luonnollisesti myös vähäisempi kaapeleiden asennustarve jättää sisätilat siistimmän näköisiksi. Tässä työssä keskitytään IEEE 802.11 -standardin mukaiseen langattomaan lähiverkkoon.

2.1 Yleistä langattomista lähiverkoista

Langaton lähiverkko tarkoittaa sellaista lähiverkkoa, jossa kaapeloinnin sijasta käytetään kokonaan tai osittain langattomia yhteyksiä. Vaikka itse käyttäjä on langattoman verkkoyhteyden päässä, tarvitsee verkkoa lähettävä tukiasema langallisen yhteyden. Tämän vuoksi myös peruskaapelointia tarvitaan edelleen. Langaton verkko onkin parhaimmillaan jatkettaessa langallista verkkoa esimerkiksi avoimena yhteytenä asiakkaille tietyissä tiloissa. Myös erikoiskohteiden tai tilapäisten verkkojen toteuttaminen

langattomalla tekniikalla on usein huomattavasti kätevämpää kuin langallisen vaihtoehtoon käyttäminen. (1, s. 13.)

Radiotaajuuksia hyväksi käyttävä lähiverkko toimii vapaasti käytettävillä taajuuksalueilla, joten erillistä käyttö lupaa ei tarvita. Yleisimmin käytetty taajuus on 2,4 GHz, mutta nykyisin myös Suomessa on mahdollista käyttää 5 GHz:n taajuutta. Radiotaajuuksien käytössä on maakohtaiset säädökset. (1, s. 13-16.)

Langattomassa lähiverkossa on myös heikkouksia langalliseen verkkoon verrattuna. Suurimpina niistä voidaan pitää sen huonompaa tiedonsiirtokykyä ja hieman heikompa tietoturvaa. Ongelmallista on myös se, että radioaallot voivat edetä kirjaimellisesti naapurin puolelle. Lisäksi etenkin isojen langattomien lähiverkkojen ylläpito on vaativaa, mikä aiheuttaa kustannuksia. (1, s. 13-23.)

2.2 WLAN-standardit

WLAN-standardien kehitys alkoi vuonna 1990. Sitä ennen langattomien lähiverkkojen tuotteet olivat valmistajakohtaisia, eivätkä eri valmistajien tuotteet olleet yhteensopivia keskenään. Yhteensopimattomuuden ja koko langattoman verkon tulevaisuuden näkymien pelastamiseksi Institute of Electrical and Electronics Engineers aloitti WLAN-standardien kehittämisen. Pitkällisen prosessin tuloksena ensimmäinen IEEE 802.11-standardi valmistui vuonna 1997 ja sen nopeudeksi tuli 1 ja 2 Mbit/s. Standardoimiseen panostaminen onkin kannattanut, sillä WLAN-tekniikalla on nykyisin runsaasti käyttöä ja käyttäjiä. Lisäksi uusia sovelluksia ja käyttökohteita kehitellään kaiken aikaa tälle tekniikalle. Uusin, vuonna 2009 valmistunut standardi on 802.11n, jonka mukainen teoreettinen siirtonopeus on jopa 600 Mbit/s. (1, s. 15-16.) Tässä työssä eri valtioiden käytössä olevien standardien määritysten ja käyttö lupien eroavuudet ilmoitetaan aina Suomen määräysten mukaan.

2.2.1 IEEE 802.11

Ensimmäinen valmis WLAN-standardi valmistui vuonna 1997. Tämän IEEE 802.11-nimellä tunnetun standardin määrittämän tekniikan nopeus on 1 ja 2 megabittiä sekunnissa ja tekniikka toimii 2,4 -2,4835 gigahertsin taajuuksalueella. Standardi määrittelee välitystekniikoiksi infrapunaa ja radiotien. Radiotaajuustekniikoiksi on määritetty suorasekvenssihajaspektri ja taajuushyppelyhajaspektri. (1, s. 25-46; 2.)

Yleisesti kaikki IEEE 802.11 -alkuiset standardit kattavat OSI-mallin kaksi alinta kerrosta eli fyysisen kerroksen ja siirtoyhteyserroksen. Myös hajaspektritekniikka on kaikissa standardeissa käytössä, eli lähetys jaetaan monelle rinnakkain lähetettävälle osakanavalle. (1, s. 25-46; 2.)

2.2.2 IEEE 802.11b

Toisena käyttöön otettu WLAN-standardi valmistui vuonna 1999 nimellä IEEE 802.11b. Tämän standardin mukainen teoreettinen bittinopeus on 11 Mbit/s. Tämä 2,4 gigahertsin taajuudella toimiva tekniikka käyttää tiedonsiirrossa pääasiassa CCK-tekniikkaa. Standardi määrittää 13 kanavaa, joista kolme ei mene päällekkäin. Saa- maan aikaan käytössä olevat päällekkäiset kanavat käyttävät samalla peittoalueella samaa siirtotietä eli jakavat siirtotien ja tekniikan asettaman maksimisiirtonopeuden. Standardin mukainen suurin sallittu lähetysteho on 100 mW. (1, s. 25-46; 2.)

2.2.3 IEEE 802.11a

Vuonna 1999 valmistunut 802.11a-standardi on ensimmäinen 5 GHz:n taajuudella toimiva standardi, ja sen mukainen maksimilähetysteho on 200 mW. Sen taajuusalue 5,15 - 5,35 GHz pitää sisällään kahdeksan kanavaa järjestyksessä 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60 ja 64. Taajuuden nostaminen aikaisemmin käytetystä 2,4 GHz:stä 5 GHz:iin on onnistunut kasvattamaan teoreettiseksi siirtonopeudeksi 54 Mbit/s. Siirtotekniikaksi on määrätty OFDM-tekniikka, joka jakaa signaalin pienempiin alaisignaaleihin, jotka siirretään yhtäjaksoisesti eri taajuuksilla. Korkeamman taajuusalueen heikkoutena on sen huonompi kantama pienempään taajuuteen verrattuna. 802.11a-standardi on tarkoitettu Suomessa käytettäväksi vain sisätiloihin. (1, s. 25-46; 2.)

2.2.4 IEEE 802.11g

IEEE 802.11g-standardi valmistui vuonna 2003. Tämä standardi yhdistää käytännössä aikaisempien standardien vahvuudet, mistä johtuen g-standardin saama suosio on käytännössä myös syrjäyttänyt vanhemmat tekniikat. IEEE 802.11g:n maksimi bittinopeus on 54 Mbit/s, toimintataajuus 2,4 GHz ja kanavien määrä on 13. Tiedonsiirrossa on käytössä CCK-OFDM-tekniikka. IEEE 802.11g-standardi on täysin yhteensopiva IEEE 802.11b:n kanssa. Standardin mukainen suurin sallittu lähetysteho on 100 mW. (1, s. 25-46; 2.)

2.2.5 IEEE 802.11n

Vuonna 2009 valmistui uusi standardi eli IEEE 802.11n, jonka ilmoitettu teoreettinen bittinopeus on jopa 600 Mbit/s. Maksimi nopeuden saavuttamiseksi täytyy yhdistää kaksi 20 MHz:n kanavaa yhdeksi 40 MHz:n kanavaksi sekä käyttää neljää Spatial Streamsia eli neljää ilmatietä neljällä antenniparilla yhtä aikaa. Edellä mainittua tekniikkaa kutsutaan MIMO:ksi kun on käytössä vähintään kaksi ilmatietä. Laitevalmistajat eivät tue vielä neljää Spatial Streamia. Standardi toimii 2,4 GHz:n ja 5 GHz:n taajuuksilla, mutta 40 MHz leveän kanavan käytössä suositellaan 5 GHz:n taajuutta. Teoriassa IEEE 802.11n:n kantama on lähes kaksinkertainen 802.11b/g-standardeihin verrattuna eli ulkotilassa 250 m ja sisällä 70 m, kun taas b/g-standardeilla vastaavat luvut ovat 140 m ja 38 m. (1, s. 46; 3.)

2.2.6 Muita IEEE 802.11 -standardeja

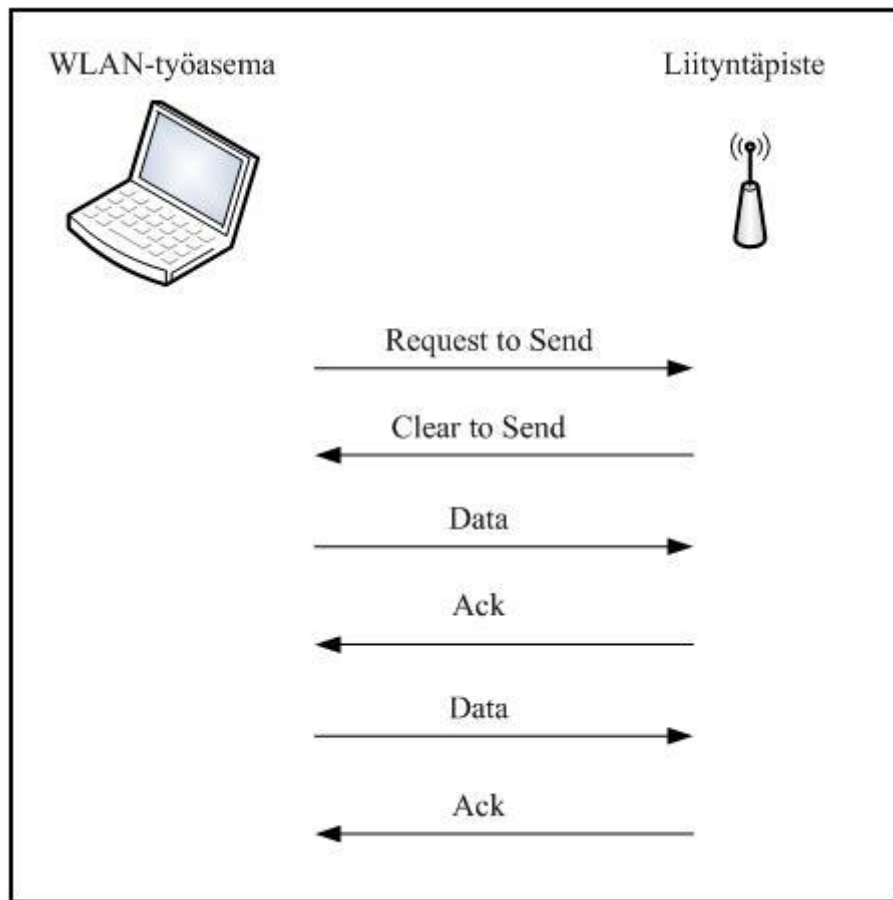
Muut IEEE 802.11-standardit tuovat pääasiassa lisäominaisuuksia ja parannuksia aikaisemmille standardeille. 802.11e parantaa palvelunlaatua ja suorituskykyä. 802.11h sisältää lisämäärytykset 5 GHz:n taajuusalueen käytölle. 802.11i parantaa tietoturva. Vielä julkaisematon 802.11s-laajennus lisää Wireless Mesh -tuen eli toimii reitittävänä langattomana verkkona. Wireless Mesh:lle ei ole vielä standardia eikä virallista nimeä. (1, s. 47; 2.)

2.3 Vuoronvaraus

Langattomassa lähiverkossa käytetään vuoronvaraustekniikkaa, jotta ilmassa kulkeva data ei törmäisi keskenään. Vuoronvaraus hoidetaan CSMA/CA-tekniikalla, jonka pääpaino on törmäysten välttämisessä kantoaaltoa kuuntelemalla. Puskan mukaan ”Fyysinen kantoaallon kuuntelu tarkoittaa, että ennen lähetystä aseman pitää varmistaa kanavan olevan vapaa kuuntelemalla radiotietä ennen lähetystä.” (1, s. 30.) Kun kanavaan lähetetään kehyksiä eli dataa, syntyy eripituisia viiveitä kehystyypistä riippuen. Kehysten oletetut viiveet merkitään lähetetyn viestin mukana varausaikana. Seuraava viesti voidaan lähettää vasta varausajan päätyttyä.

Virtuaalisen kantoaallon kuuntelua on myös mahdollista käyttää CSMA/CA-tekniikassa. Tällöin WLAN-yhteyspiste kontrolloi solunsa asemia ja myöntää lähetysluvan sovituksi ajaksi yhdelle asemalle kerralla. Esimerkiksi WLAN-työasema pyytää

lähetysoikeus RTS-sanomalla, johon yhteyspiste vastaa CTS-viestillä solun ollessa vapaa. Tämän jälkeen työasema voi lähettää dataa. Datan kehykset kuitataan yksi kerrallaan. (1, s. 29-31.) Kuvassa 1 näkyy edellä mainittu asia.



Kuva 1: Vuoronvaraus.

2.4 WLAN-arkkitehtuuri

WLAN verkkoja on kahdenlaisia: Ad-hoc-verkossa verkkolaitteet, esimerkiksi työasemat, muodostavat yhteyden suoraan keskenään ilman erillistä yhteyspistettä, kun taas paljon yleisemmissä infrastruktuuriverkoissa yhteys hoituu aina tukiaseman kautta.

Yhden yhteyspisteen infrastruktuuriverkkoa kutsutaan nimellä BSS. Tämän tyyllisissä verkoissa kaikki langaton liikenne kulkee yhteyspisteen eli tukiaseman kautta ja käyttää muun muassa tukiaseman määrittelevää kanavaa, SSID-tunnusta ja tuettuja bittinopeuksia. Yhteyspiste toimii verkkoa käyttäville laitteille siltana verkon ulkopuolelle, esimerkiksi Internetiin. Useamman kuin yhden yhteyspisteen verkkoja, jotka liitty-

vät samaan jakelujärjestelmään, kutsutaan nimellä ESS. Jakelujärjestelmä kytkeytyy yleensä Ethernet-lähiverkkoon. (1, s. 132 - 133.)

2.5 LWAPP-protokolla ja keskitetty hallinta

Isot langattomat verkot hoidetaan lähes poikkeuksetta keskitetyllä hallinnalla. Keskitetyn hallinnan keskus on nimeltään kontrolleri, jossa kaikki langattoman verkon konfiguroimiset voidaan hoitaa, jolloin normaalien itsenäisten tukiasemien sijasta voidaan käyttää kevyitä tukiasemia (LAP). Monet tavallisista tukiasemista voidaan tarvittaessa muuttaa kevyiksi tukiasemiksi mutta ei päinvastoin. Tavalliset tukiasemat toimivat itsenäisesti, LAP-tukiasemat eivät. LAP hoitaa vain reaaliaikaiset MAC-toiminnot eli muun muassa kehysten välittämisen. Kaikki ei-reaaliaikaiset MAC-toiminnot suoritetaan kontrollerissa. (4; 5; 6.)

Syynä keskitetyn hallinnan käyttöön on sen kilpailukykyinen hinta, sekä usean tukiaseman omaavan verkon helpompi käytettävyys. Kun rakennetaan langaton verkko, johon tulee enemmän kuin 10 tukiasemaa, alkaa kontrolleripohjainen verkko olla yksittäin hallittavissa olevien tukiasemien verkkoa halvempi ratkaisu. Kontrolleripohjaista verkkoa hallitaan yhdestä pisteestä, joten jokaista tukiasemaa ei tarvitse yksittäin konfiguroida. LAP-tukiasemat rekisteröityvät kontrolleriin ja saavat siltä koko konfiguraation itselleen. Ne toimivat käyttäjälle vain langattomina liityntäpisteinä. Valmiissa verkossa LAP-tukiasemat voidaan laittaa vain Ethernet-pistokkeeseen kiinni, jolloin langaton verkko on toiminnassa. (4; 5; 6.)

Kontrollerin ja LAP-tukiasemien välisessä liikennöinnissä on käytössä LWAPP-protokolla. LWAPP on salattu yhteys, joka määrittää tärkeimpänä datan kapseloinnin ja hallintaviestien kulun. (4; 5.)

2.6 Kontrollerin graafinen hallintaohjelma

Kun kontrollerin peruskonfiguraatiot ovat kunnossa, voi kontrollerin graafiseen hallintaan ottaa yhteyden www-selaimen kautta. Graafinen hallinta on tärkeä osa keskitetyn langattoman verkon hallintaa, sillä siinä näkyy periaatteessa kaikki tarvittavat toiminnot langattomasta verkosta. Graafisessa hallinnassa pystyy myös laittamaan käyttökuntoon suurimman osan langattomasta verkosta. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi erillisten WLAN-verkkojen tekeminen tai vaikka tukiasemien kanavan vaihtaminen.

Kuvassa 2 on otettu Mozilla Firefox -selaimella yhteys sisäverkon IP-osoitteeseen 172.16.1.100, joka on tässä tapauksessa kontrollerin hallintaosoite. Siinä näkyy tärkeimpiä asioita kontrollerin tarkkailemista asioista.



Kuva 2: Cisco-kontrollerin graafisen hallinnan etusivu.

3 CISCO WIRELESS CONTROL SYSTEM

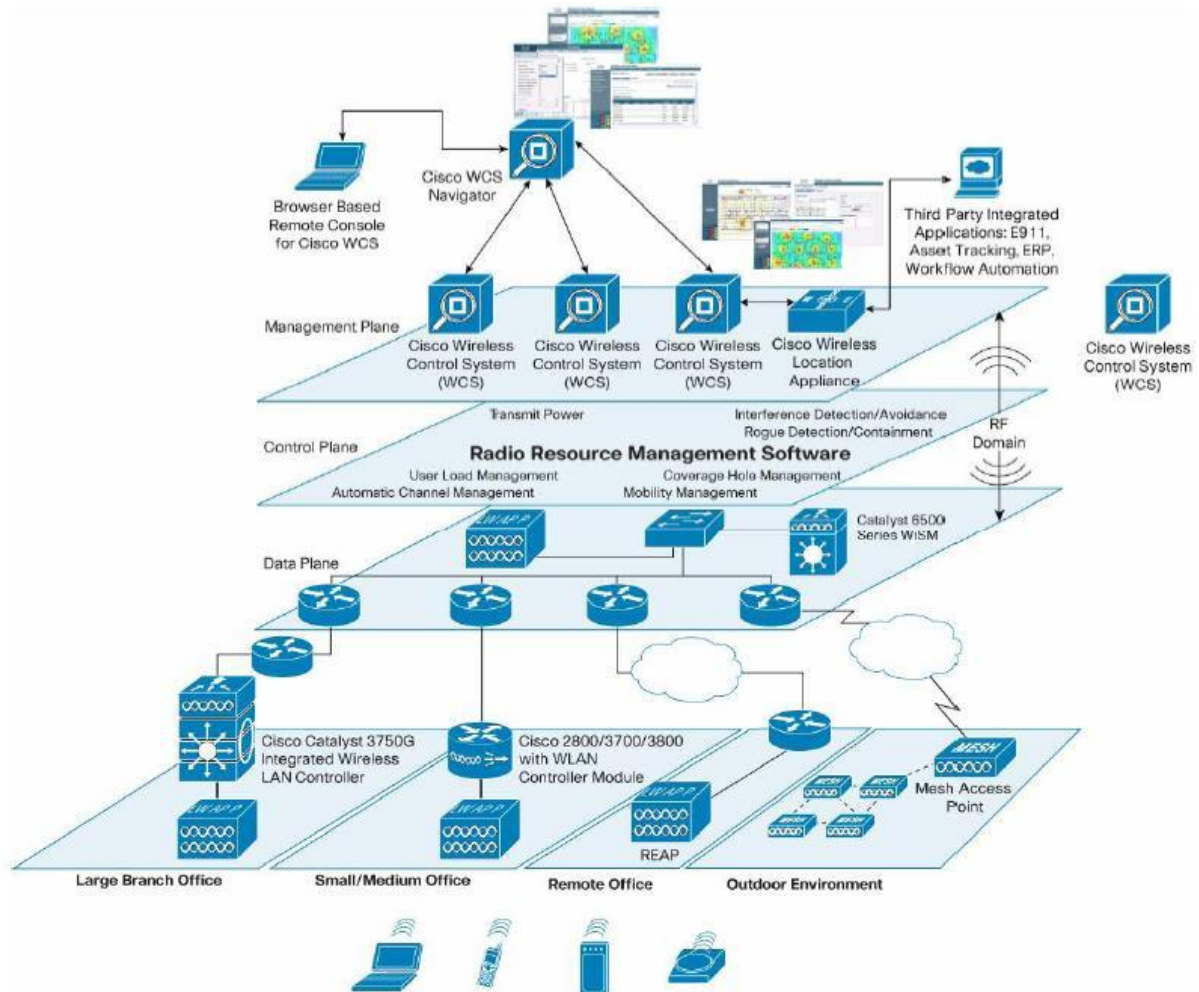
Cisco Wireless Control System (WCS) on langattoman verkon keskitetty hallintaohjelma, jonka kautta voidaan suunnitella, konfiguroida ja seurata langatonta verkkoa. WCS mahdollistaa 50 kontrollerin ja 1 500 tukiaseman hallinnan. (4.)

3.1 Yleistä

Wireless Control System toimii palvelimelle asennettuna web-palvelimena, johon verkon työasemat voivat ottaa yhteyttä verkkoselaimella. WCS vaatii toimiakseen valmiin kontrolleripohjaisen verkon ja on hyödyllisimmillään, kun hallitaan verkkoja, joissa on useita kontrollereja käytössä. Wireless Control System on yhteensopiva Cisco Systemsin laitteiden ja ohjelmien kanssa. Tietoturvaratkaisuissa suositellaan käytettäväksi Ciscon ACS-ohjelmaa pääsynhallinnassa. (4.)

Ohjelmassa on myös karttaominaisuus. Sen avulla langattoman verkon laitteet saadaan kartalle, jolloin niitä voidaan seurata graafisessa muodossa. WCS-ohjelmaan yhdistetty Location Appliance -palvelin mahdollistaa verkon historian seuraamisen kartalta. Wireless Control System -ohjelmasta on myös WCS Navigator -versio, joka mahdollistaa monien WCS-palvelimien hallinnan. (4.)

Kuvasta 3 näkyy WCS:n sijoittuminen keskitetyssä verkkomallissa.

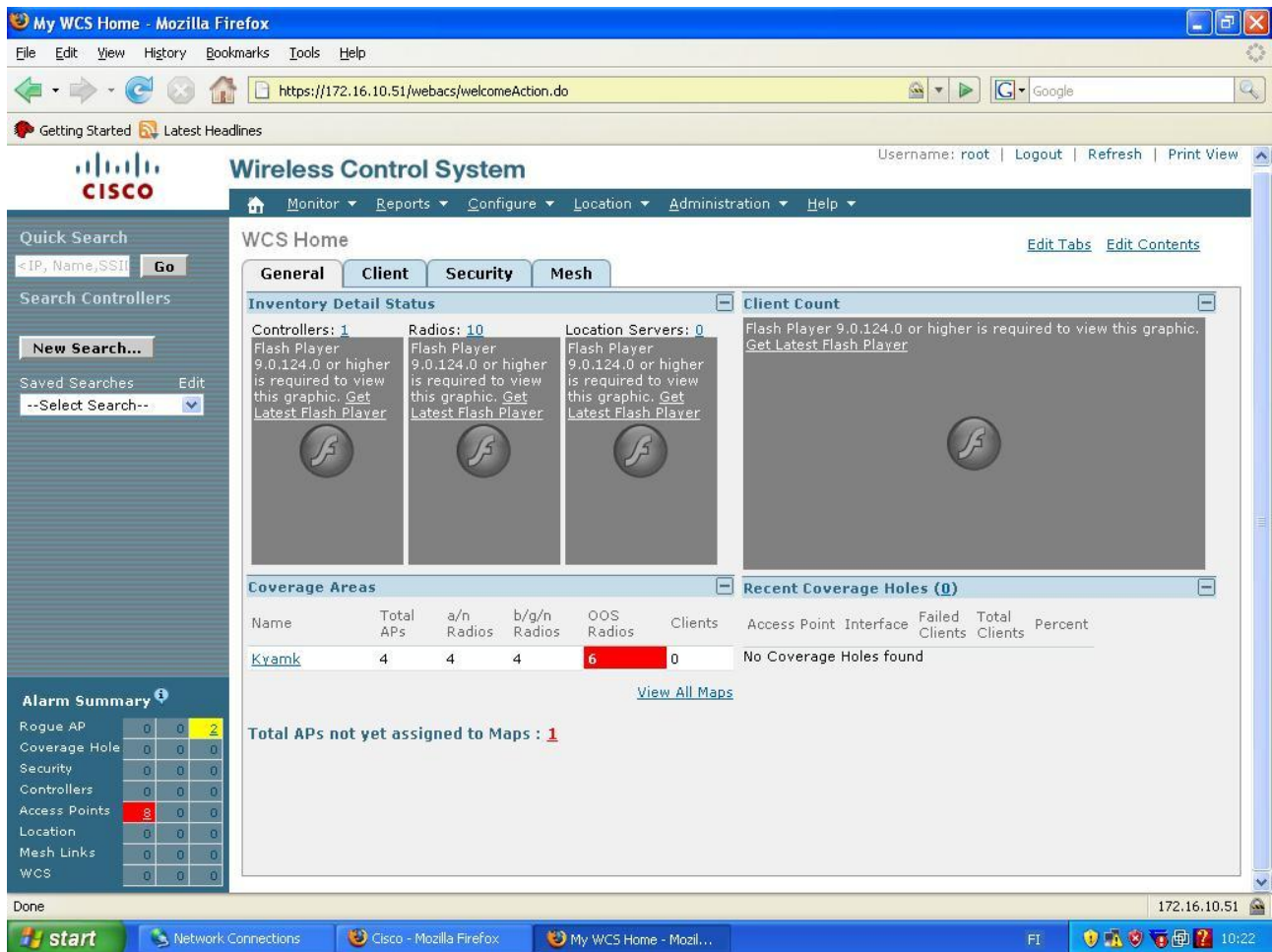


Kuva 3: WCS-ohjelman toimintamalli (7.).

3.2 Ohjelma

Tätä opinnäytetyötä tehtäessä käytössä oli Wireless Control System -ohjelman demo versio 4.2.110.0, tyyppiä Base + Location. Edellä mainitulla lisenssillä pystyy WCS:n kautta hallitsemaan kymmentä tukiasemaa kerrallaan. Lisenssillä pystyy saamaan esiin yhden langattoman verkkolaitteen hetkellisen paikkatiedon kerralla korkeintaan 10 metrin etäisyydellä tukiasemasta. (4.) Reaaliaikaista paikannusta ei ollut mahdollis-

ta käyttää opinnäytetyössä. Kuvassa 4 näkyy WCS-ohjelman etusivu avattuna Mozilla Firefox -selaimella.



Kuva 4: Wireless Control System.

3.3 Tärkeimpiä ominaisuuksia

Wireless Control System helpottaa suurien langattomien verkkojen hallintaa, sillä sen avulla voi käyttää ja tarkkailla jokaista WCS-ohjelmassa kiinni olevaa yksittäistä kontrolleria ja kontrollerissa kiinni olevia tukiasemia, vaikkakin vain graafisen hallinnan kautta. (4.) Graafinen hallintaohjelma on esitetty kuvassa 4.

WCS-ohjelman karttaominaisuus mahdollistaa muun muassa rakennusten lisäämisen ja pohjapiirustusten liittämisen niihin kerroksittain. Myös ulkoalueita voidaan luoda. Karttaominaisuuteen liittyvä Planning Mode -tila mahdollistaa tukiasemien kuulu- vuuksien arvioinnin jo ennakkoon, mikä helpottaa tukiasemien sijoittelun suunnitte- lua. (4.)

Map Editor on WCS:n kuvanmuokkausohjelma, jonka avulla pohjapiirustukseen lisätään seiniä ja ovia. Niiden vaikutus huomioidaan, kun WCS laskee paikannuksen kohteen sijaintia. Sen sijaan alkuperäisen kuvan elementit, joita ei ole piirretty uudestaan Map Editor -tilassa, eivät vaikuta signaalin paikantamiseen mitenkään. (4.)

3.3.1 Kartat

Kartan koko ja resoluutio vaikuttavat WCS-ohjelmaa käyttävän työaseman prosessorin tehon käyttöön, mikä on hyvä huomioida, jos aikoo käyttää kevyttehoisia työasemia. Kartan koosta ja tarkkuudesta ei kuitenkaan kannata tinkiä, mikäli siitä täytyy erottua yksityiskohtia. Hyvänä esimerkkinä tästä on huoneiden numerointi. Uuden kartan lisääminen Wireless Control System -ohjelmaan tapahtuu järjestyksessä: monitor maps, new building, new floor, lisää kartta. Kartta voi olla muotoa .PNG, .JPG, .JPEG tai CAD-tiedosto ja mitä tahansa kokoa, sillä WCS sovittaa kuvan automaattisesti toiminta-alueelle. Kartan lisäämisen jälkeen valitaan Map Editor, jossa kuva muokataan lopulliseen muotoonsa. (4.)

Planning Mode -tilaa voi käyttää valmiin kartan pohjalta esimerkiksi tukiasemien kuuluvuuksien arvioimiseen. Planning Mode laskee tarvittavien tukiasemien määrän ja sijoittelun verkon kattamisalueelle valittavien kriteerien mukaisesti. Valitettavasti Planning Mode ei kuitenkaan huomioi seinien vaikutusta signaaliin. Planning Mode on WCS-ohjelmassa Monitor Maps -tilassa. (4.)

3.3.2 Tukiasemien sijoittelu

Karttatilassa pitää käyttäjän itse lisätä oikeille paikoille WCS:n tunnistamat tukiasemat. Tukiasemien lisäämisessä kannattaa olla huolellinen, sillä jo pelkästään puolen metrin väärä sijainti tai antennin väärä suuntaus todelliseen tilanteeseen nähden aiheuttaa selvää epätarkkuutta tarkkaan paikantamiseen. Ihanteellisessa tapauksessa tukiasemat olisivat noin kolmen metrin korkeudessa. Hyvää kuuluvuutta vaativissa palveluissa (mukaan lukien paikantaminen) signaalin kuuluvuuden tulisi olla vähintään -72 dBm koko tarvittavalla alueella. (4.)

Jos verkolta halutaan paikantamisen lisäksi esimerkiksi puheluihin sopiva vähemmän tiivis tukiasemien verkko, on syytä ottaa käyttöön normaalikäyttöisten kevyiden tukiasemien lisäksi monitor-only-tilassa olevia tukiasemia, jotta verkko toimisi parem-

min. Tämä johtuu siitä, että koska monitor-only-tilassa olevat tukiasemat eivät tarjoa palveluita käyttäjille, joten ne eivät myöskään tee yhtään häiriötä, vaan yksinkertaisesti kuuntelevat ilmassa kulkevaa laiteinformaatiota. Puhelut tarvitsevat verkolta yleensä myös vähintään -68 dBm signaalin voimakkuuden kuuluakseen. (4.)

3.4 WLAN-laitteet ja niiden merkinnät kartalla

Seuraavassa esitetään WCS-ohjelmassa paikannettavia laitteita sellaisina, kuin ne kartalla näyttävät. Kuvien taustaväri vaihtelee tapahtumien mukaan.

3.4.1 Client

Client eli käyttäjä on yleisin paikannuksen kohde. Käyttäjä on tarkemmin sanottuna WLAN-verkkokortti. Havaittu käyttäjä etsitään WCS-ohjelmassa MAC-osoitteen perusteella tai etsintätoiminnalla, joka löytyy seuraavasti: monitor client, new search - all. Sitten valitaan löydetty käyttäjä ja select a command -valikosta valitaan present map. Tämän jälkeen Wireless Control System näyttää kyseisen käyttäjän lasketun sijainnin kartallaan. Kuvassa 5 on Client, jonka merkinä on sininen nelikulmio.



Kuva 5: Käyttäjä.

3.4.2 Rogue Client

Rogue client tarkoittaa suomeksi tunkeilevaa käyttäjää. Tunkeileva käyttäjä etsitään WCS-ohjelmassa samaan tapaan kuin tavallinen käyttäjä. Kuvassa 6 on Rogue client, jota kuvaa tummansininen nelikulmio, jonka sisällä on pieni pääkallo.



Kuva 6: Tunkeileva käyttäjä.

3.4.3 Access Point

Omat tukiasemat sijoitetaan WCS-ohjelmassa itse kartalle. Tukiasemien oikea sijainti kartalla on tärkeä, joten sijainnin paikkansa pitäminen kannattaa tarkistaa huolella. Myös antennin tyyppi ja suuntaus muokataan itse. Kuvassa 7 on Access point, jonka merkinä on harmaa ”tähtäin”.



Kuva 7: Tukiasema.

3.4.4 Rogue Access Point

Rogue access point on omaan verkkoon kuulumaton tunkeileva tukiasema. Tunkeileva tukiasema etsitään vastaavasti kuin käyttäjä tai helpommalla eli valitsemalla WCS:n etusivun Alarm Summary -valikosta kyseessä oleva laite, minkä jälkeen valitaan pudotusvalikosta show present map. Kuvassa 8 on Rogue access point, jonka tunnus on pääkallo punaisella pohjalla.



Kuva 8: Tunkeileva tukiasema.

4 PAIKANTAMINEN

Paikannustekniikoiden käyttäminen on hyvin yleistä ja ne ovat mukana monissa erilaisissa asioissa. Tunnetun kohteen paikantaminen ulkotiloissa hoidetaan yleensä satelliittipaikannuksena GPS:n avulla. Logistiikassa hyödynnetään saattomuistitekniikkaa, jolloin viivakoodeja ei tarvitse käyttää. Kun puhutaan sisätiloissa paikantamisesta isossa mittakaavassa, tehokkaimmaksi tekniikaksi jää langaton lähiverkko ja sen sovellukset. Ultra Wideband ja Bluetooth -tekniikat soveltuvat enimmäkseen tiedonsiirtoon vain hyvin lyhyellä etäisyydellä.

WLAN-verkkoon perustuvassa paikannustekniikassa on yrityskäyttöön suunnattu erilaisia sovelluksia. Suosituimpana kohteena WLAN-paikannukselle ovat sairaalat, jois-

sa tarvitaan paikkatietoa niin ihmistä kuin laitteistakin. Sairaaloissa langaton verkko mahdollistaa tehokkaasti myös muiden sovellusten käytön, esimerkiksi viestinnän. (8; 10.)

Asset Tracking on sovellus, jolla tarkoitetaan laitteiden ja tavaroiden sijainnin selvittämistä. Edellä mainitulla tekniikalla pyritään tehokkuuteen, sillä kun tiedetään tietyn laitteen tarkka sijainti, kyseisen kaltaisia laitteita ei välttämättä edes tarvitse yhtä paljon tietyssä ympäristössä. (8.)

Toinen yleinen paikannussovellus on tuotannon tehostaminen, jolla pyritään prosessin tehostamiseen ja laadun parantamiseen. Tuotannon tehostamisessa esimerkiksi ihmiset kantavat mukanaan Wi-Fi-tägejä, jolloin heistä saadaan paikkatietoa, ja näin olen voidaan välttää vaikka ruuhkautumista. (8.)

Kolmas yleinen paikannussovellus on turvallisuus. Esimerkiksi vaarallisessa paikassa työskentelevien ihmisten liikkeitä seurataan paikantamalla, jolloin heidän sijaintinsa tai viimeinen tunnettu sijaintinsa on tiedossa jopa suurenkin onnettomuuden sattuessa. Turvallisuuspainotteista paikantamista käytetään muun muassa sairaaloissa ja kaivos-toiminnassa. (8.)

4.1 WLAN-paikantaminen

WLAN-paikantamisessa on käytössä kaksi eri tapaa: Ensimmäisessä tavassa tukiasemat havaitsevat kohteen, kun taas toisessa tavassa tukiasemien ei välttämättä tarvitse havaita kohdetta. Yleensä tehokkaissa paikannusratkaisuissa hyödynnetään molempia tapoja.

4.1.1 Tukiasemat havaitseva paikannus

Tässä paikantamistavassa tukiasemat kuuntelevat signaalin viiveitä ja lähettävät viiveistä tiedon paikannusmoottorille. Tämän jälkeen paikannusmoottori tai -ohjelmisto, esimerkiksi Ciscon Wireless Control System, vertailee tukiasemilta saamiaan RSSI:n signaalin voimakkuuksia ja ilmoittaa todennäköisimmän sijainnin paikannettavasta laitteesta. Mikäli kyseessä on reaaliaikainen paikantaminen, paikannusmoottori kerää paikkadataa jatkuvasti beacon-viestejä hyödyntäen. Isot paikannusmoottorit ovat te-

hokkaita. Esimerkiksi Cisco 2700 Location Appliance voi paikantaa 1 500 kohdetta samanaikaisesti sekä säilyttää laitteiden paikkahistoriaa 30 päivän ajan. (4; 9.)

4.1.2 Mittauspisteiden avulla paikantaminen

WLAN-paikantamisen voi hoitaa myös niin, että tukiasemien ei välttämättä tarvitse kuulla paikannettavaa kohdetta. Tällöin kyseessä olevasta ympäristöstä on täytynyt kartoittaa etukäteen WLAN-signaalien kuuluvuudet. Tämä vaatii että, signaalien voimakkuuksien tieto otetaan talteen useista halutuista pisteistä ja kalibroidaan järjestelmä näiden tietojen mukaan. Tässä järjestelmässä käyttäjän signaalin voimakkuutta vertaillaan kalibroituhiin tuloksiin paikan löytämiseksi. (11.)

Kalibroitu järjestelmä pyritään saamaan tarpeeksi tarkaksi ja luotettavaksi, mikä vaatii usein monia kalibroitukertoja, mittauspisteiden muuttamista ja huonojen mittauspisteiden poistamista sekä määrätään tiettyjä alueita, joille voidaan tai ei voida mennä. Mahdollisesti myös tukiasemien sijaintia täytyy vaihtaa, mikä muuttaa koko tilanteen. Kalibroitu järjestelmä pysyy käyttökelpoisena niin kauan, kuin signaalien kuuluvuudet pysyvät lähes muuttumattomina. Järjestelmä ei tarvitse erillistä paikannusmoottoria, vaan sen tarkkuus pohjautuu valmiiksi otettuihin mittauspisteisiin sekä paikannuksen sijainnin laskevaan matemaattiseen algoritmiin. (11.)

4.2 Tarkkuus ja luotettavuus

Kun WLAN-paikannusverkko on tehty ja testattu, seuraavaksi yleensä mietitään, ovatko tarkkuus ja luotettavuus halutulla tasolla. Jos edellä mainitut asiat eivät ole kunnossa, työt yleensä jatkuvat samojen asioiden parissa. Paikannuksen tarkkuutta voidaan lisätä esimerkiksi ostamalla lisää tukiasemia huonosti kuuluville alueille. Myös erityisiä tarkkapaikantimia voi joutua ostamaan tiettyihin tiloihin, esimerkiksi monikerrosaulaan. Tarkkapaikantimilla päästään noin metrin paikannustarkkuuteen. (10; 12.)

Paikannettaessa Ciscon Wireless Control System -ohjelmalla on hyvä huomioida, että siinä on sisäänrakennettu RF-sormenjälki -tekniikka, jonka tarkkuudeksi ilmoitetaan 90 %:n todennäköisyydellä vähintään 10 metriä ja 50 %:n todennäköisyydellä vähintään 5 metriä. RF-sormenjälki on teknologia, jossa huomioidaan muun muassa radioaaltojen vaimenemista ja heijastumista tietyllä alueella. Langattomien verkkojen hal-

lintajärjestelmän keskus kerää tukiasemilta saamiaan RF-sormenjälkien tietoja jatkuvasti tietovarastoonsa, mikä auttaa tarkentamaan normaalisti käytettyä kolmiopaikannusmenetelmää. (12.)

4.3 Tarkkaan paikannukseen vaikuttavia seikkoja WCS-ohjelmassa

Ciscon Wireless Control System -ohjelmassa tarkkaan paikannukseen suuresti vaikuttavia seikkoja ovat seinät ja isot esteet, sillä niiden vaikutus ohjelman kartassa otetaan huomioon vain, jos ne piirretään siihen vaikkapa seiniksi. Kaikki esteet joudutaan lisäämään itse kartalle. WCS-ohjelmassa ei piirretä huonekaluja, joten niiden mahdollisia vaimennuksia ei huomioida. Rakennuksen rakenteet (esimerkiksi seinien vaimennus) voivat erota ohjelmassa valittavista olevista seinistä, joita ovat ohut tai paksu vaihtoehto eli pieni tai suurempi vaikutus lopputulokseen. Myös ovien ja ikkunoiden vaikutus voi erota oletetusta arvosta. Runsaasti huomioimattomia esteitä sisältävä ympäristö voi tehdä paikantamisesta täysin epäkelvollista, ellei paikantamistiedoissa ole mukana esimerkiksi kalibrointipisteiden datan antamia tietoja signaalin kuuluvuuksista kyseisellä alueella. (4; 9.)

Signaalin kuuluvuudessa on satunnaisia erota, joista ei päästä eroon. Samasta tilanteesta otetusta paikannuksesta voi tulla erilaisia lopputuloksia eri yrityskertoina. Tämä johtuu useimmiten siitä, että tukiasemat kuulevat vaihtelevia signaalin voimakkuuksia paikannettavasta laitteesta. Tämä seikka vaikuttaa muun muassa siihen, että tulosten tarkkuutta ei voida ilmoittaa kuin vain metrien asteikolla. (4; 9.)

Tukiasemien sijainnilla paikannettavaan laitteeseen nähden on suuri merkitys. Hyvin lähekkäin toisiaan olevat tukiasemat eivät juuri paranna paikannustarkkuutta, mutta esimerkiksi kolmio- tai neliömaisen kehän sisäpuolella tapahtuva paikannus on tarkka. Edellä mainitun kehän ulkopuolella olevan laitteen paikannus on huomattavasti epätarkempaa. Kehän sisäpuolella paikannustarkkuus voi olla esimerkiksi 2 metriä mutta kehän ulkopuolella lähemmäs 10 metriä silloin, kun mittauspisteitä ei ole otettu mukaan. (4; 9.)

Paikannukseen voivat vaikuttaa myös muut radiotien häiriöt. Samalla kuuluvuusalueella olevat toiset langattomat lähiverkot häiritsevät toisiaan, jos ne käyttävät samaa taajuutta. Myös eri lähiverkoissa olevat tukiasemat voivat kilpailla keskenään yrittämällä peittää toisen verkon kuuluvuutta esimerkiksi automaattisesti nostamalla lähe-

tystehoa. Mahdollisesti muukin alueella oleva sähkömagneettinen säteily sekä radioaaltoja heijastavat pinnat voivat vaikuttaa paikannuksen tarkkuuteen.

On myös muita tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa paikannukseen negatiivisesti: Ulkotiloissa oltaessa sateinen sää vaimentaa signaalia. Laitteistoilla ja ohjelmistoilla voi olla yhteensopivuusongelmia tai niin sanotusti vääriä asetuksia käytössä. On myös mahdollista, että laitteistot ovat vikaantuneet tai ylikuormittuneet. Joskus paikannuksen apusovellukset voivat itsessään aiheuttaa ongelmia, kun kalibroidut mittauspisteet eivät vastaakaan todellista tilannetta tai joku muu seikka aiheuttaa virheellistä tulosta.

5 TYÖN TOTEUTUS

Työn käytännön osuus toteutettiin Kymenlaakson ammattikorkeakoulun tietoliikennelaboratoriossa.

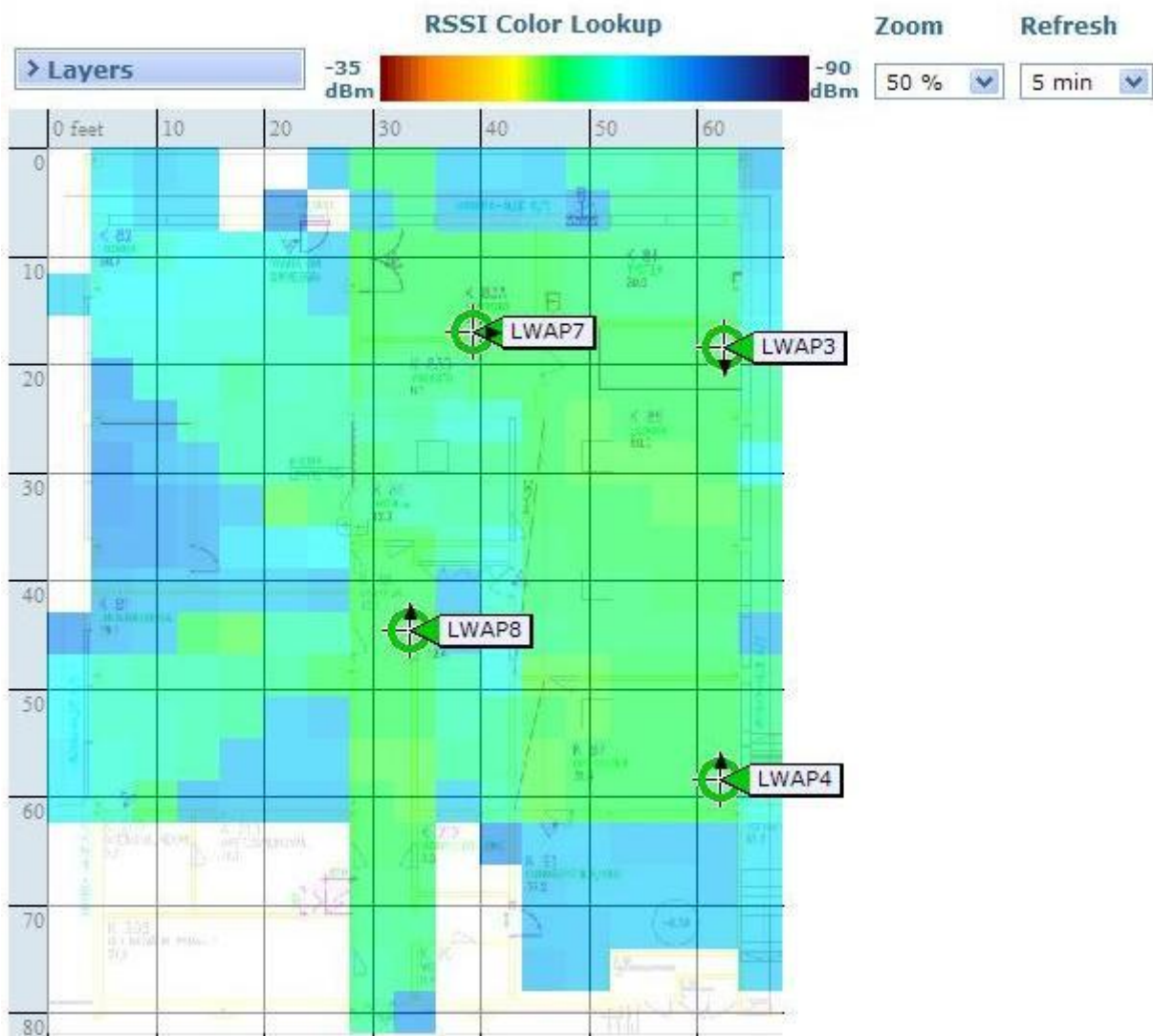
5.1 Alustus

Työn alussa tein laitteiden kytkennät ja niiden peruskonfiguraatiot. Konfiguraatiot löytyvät liitteestä 1. R1-niminen reititin on mallia Cisco 2800 ja siihen on liitetty moduulina WLAN-kontrolleri. Kontrollerin imagen versio on 4.0.219.0. ALS1- ja ALS2-kytkimet ovat mallia Cisco Catalyst 3560. Kytkimissä on PoE-ominaisuus. LAP-tukiasemat ovat mallia Cisco Aironet 1200. Peruskonfiguraation jälkeen tehtiin kontrollerin asetukset aluksi komentorivillä ja sen jälkeen graafiselta näkymältä. Tämän jälkeen valmiiseen virtuaalipalvelimeen asennettiin Wireless Control System -ohjelma, johon otettiin käytön demolisenssi mallia Base + Location, versio 4.2.110.0. Tämän jälkeen WCS saatettiin paikannuskuntoon.

WCS tarvitsee pohjapiirustuksen paikantamista varten. Pohjapiirustus on yleensä ulkoinen, esimerkiksi CAD-tiedosto. Kartta laitetaan tyypillisesti rakennuksen kerrokseen ja sen korkeus ja leveys määritellään tarkasti. Tämän jälkeen karttaa muokataan map editorilla. Siihen piirretään seinät ja ovet, jotta Wireless Control Systemin paikannusominaisuus saa tiedon signaalia vaimentavista esteistä. Kun kartta on piirretty, tullaan map editorista pois ja muokattuun karttaan lisätään käytössä olevat tukiasemat. Tukiasemien sijainti kartalla sekä antennien suunta vaikuttavat kohtalaisesti lopputulokseen, joten tämä vaihe kannattaa tehdä huolellisesti vastaamaan käytössä olevaa tilannetta.

Kuvassa 9 on valmis pohjapiirustus, johon on sijoitettu neljä LAP-tukiasemaa eri huoneisiin. WCS näyttää kuvassa arvion tukiasemien signaalin voimakkuuksien kuuluvuuksista. Samaa pohjapiirustusta ja tukiasemien sijaintia käytetään myös toteutuksen muissa kuvissa.

Maps > rakennus > titlaura



Kuva 9: Kuuluvuuskartta.

5.2 Paikantaminen WCS-ohjelmalla

Jo yhdellä tukiasemalla saadaan dataa kartalle, mutta tarkkaan paikantamiseen tarvitaan vähintään kolme tukiasemaa, jotka kaikki havaitsevat paikannettavan signaalin. Toteutuksen tuloksissa ei ole apuna kalibroituja mittauspisteitä. (4.)

Kun WCS on paikantanut kohteen, se merkitsee löydetyn sijainnin symbolina sekä ilmoittaa todennäköisimpiä alueita paikan sijainniksi värikarttana. Värikartta toimii siten, että kaikkein todennäköisin alue merkitään tummaksi, josta se vähenee punaisen kautta keltaiseksi ja siitä edelleen vaaleammaksi. WCS ei aina merkitse löydettyä laitetta kaikkein todennäköisimmälle alueelle (katso tulokset). Tukiasemien määrä vaikuttaa todennäköisyysalueiden kokoon ja tarkkuuteen eli isompi määrä havaitsevia tukiasemia antaa teoriassa tarkemman tiedon. Tukiasemien määrän vaikutus näkyy parhaiten, kun ollaan avoimessa tilassa, sillä etenkin RSSI-tiedot vaihtelevat liikaa esteisessä tilassa, mikä aiheuttavaa osaltaan väärää tulosta. Kartan tarkkuus vaikuttaa paikannuksen tarkkuuteen huomattavasti, joten kartta kannattaa tehdä huolella. (4.)

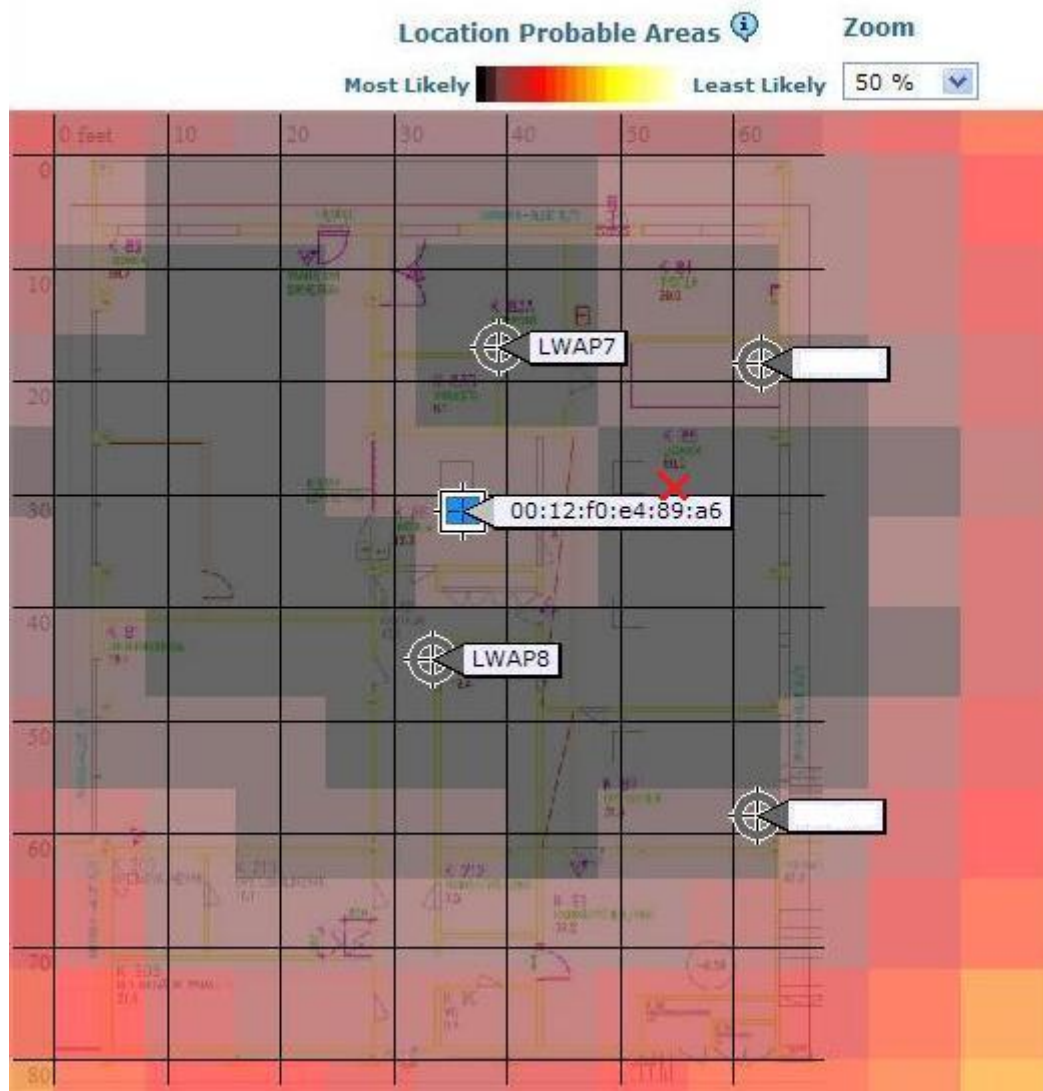
5.3 Tulokset

Kaikissa tuloksien kuvissa paikannettavan käyttäjän oikea sijainti on merkitty punaisella rastilla. Kartan laboratorion leveys on noin 20 metriä ja pituus noin 25 metriä. Tuloksien kuvat otettiin WCS-ohjelmasta talteen kuvankaappauksella.

Kun Wireless Control System paikantaa käyttäen apunaan vain yhtä tukiasemaa, merkitsee se paikannetun laitteen tukiaseman päälle. Samoin käy, jos tukiasemat ovat hyvin lähellä toisiaan, jolloin käyttäjä paikantuu siihen tukiasemaan, joka sen ensiksi huomioi ja jonka kautta se liikennöi kontrollerille.

Kuvassa 10 on käytössä kaksi nimettyä tukiasemaa. Käyttäjän sijainti merkitään tukiasemin väliin. Tukiasemien kuulemasta RSSI:stä WCS laskee ja ilmoittaa kartalle todennäköisyyksiä, missä kyseinen laite luultavasti on. Tuloksissa kannettava tietokone sijaitsee oikeasti tummimmalla alueella. Karttaan merkitty sijainti on kuitenkin vähemmän todennäköisemmällä alueella. Tällainen tulos saadaan, kun kohteen havaitsee riittämätön määrä tukiasemia kolmiopaikannuksen tekemiseen.

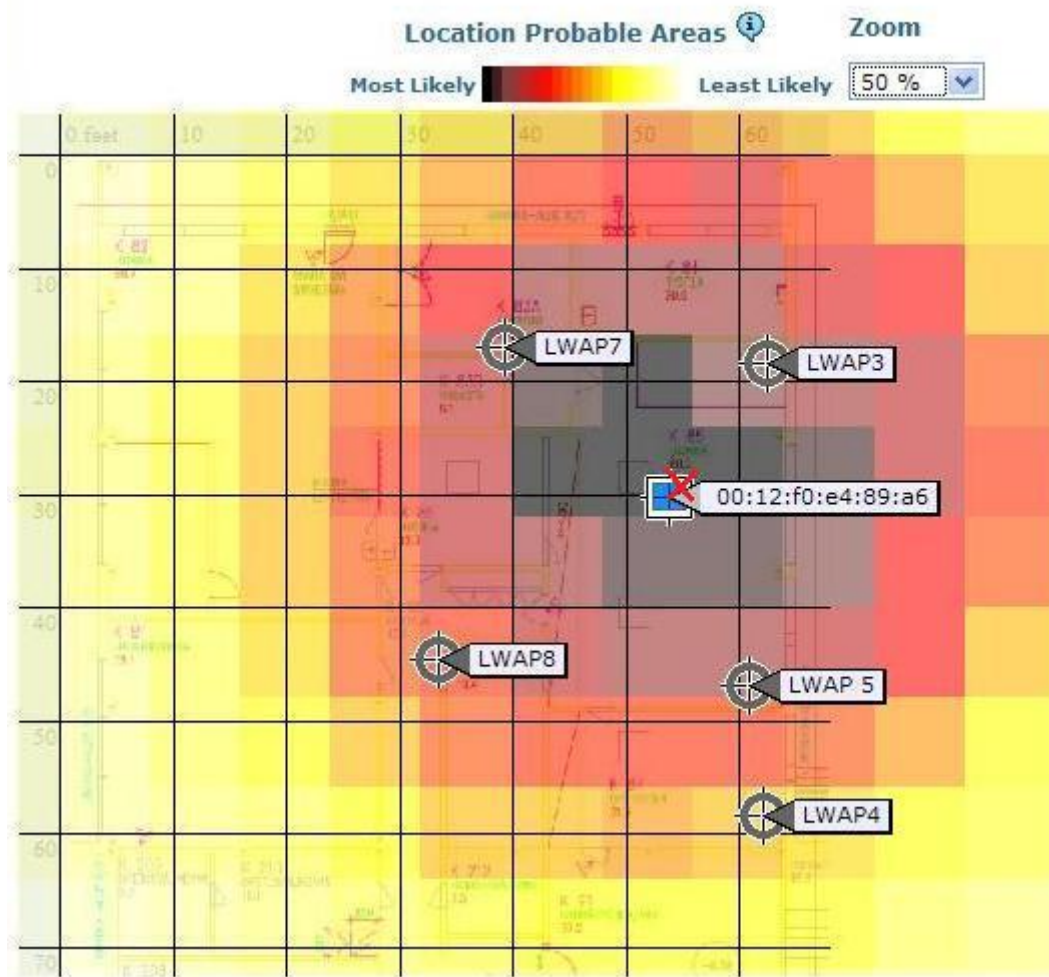
[Maps](#) > [rakennus](#) > titlabra



Kuva 10: Kaksi tukiasemaa.

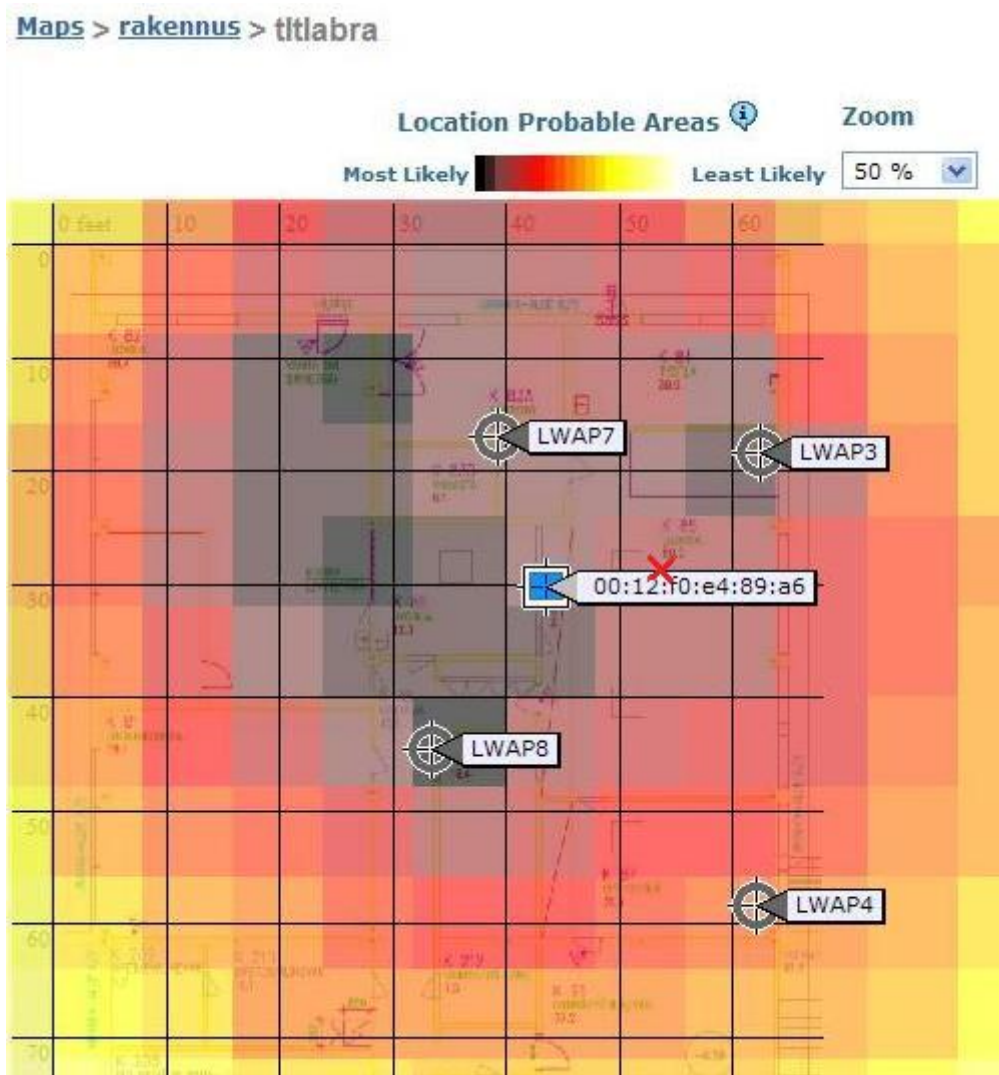
Kuvassa 11 on käytössä viisi tukiasemaa. Kannettava tietokone onnistuttiin paikantaan metrin tarkkuudella oikein. Vastaavassa tilanteessa paikannustarkkuus on todella harvoin yli 3 metriä.

Maps > rakennus > titlabra



Kuva 11: Viisi tukiasemaa.

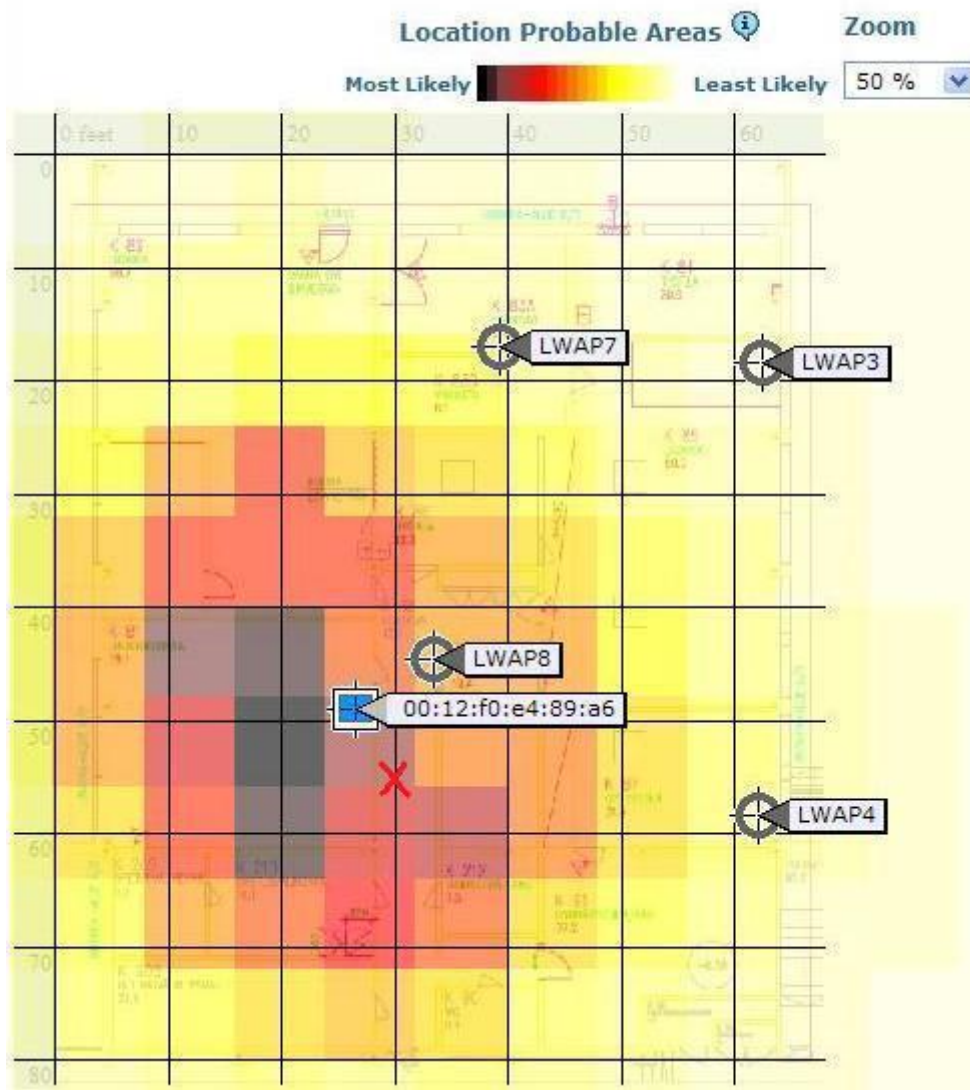
Kuvassa 12 on kuvan 11 kaltainen tilanne sillä erolla, että tukiasema LWAP 5 ei ole käytössä sekä kuva on otettu kaksi tuntia aikaisemmin. LWAP 5:n puuttumisen ei kuuluisi vaikuttaa paikannuksen tarkkuuteen lähes ollenkaan. Silti kyseisessä tuloksessa paikannus on väärin noin 3 metriä vasemmalle sekä tummimmat alueet on merkitty tästä vieläkin enemmän vasemmalle. Kyseessä on selvästi satunnainen paikannusepätarkkuus, joka johtuu luultavasti yhden tukiaseman virheellisestä havainnoinnista.



Kuva 12: Neljä tukiasemaa.

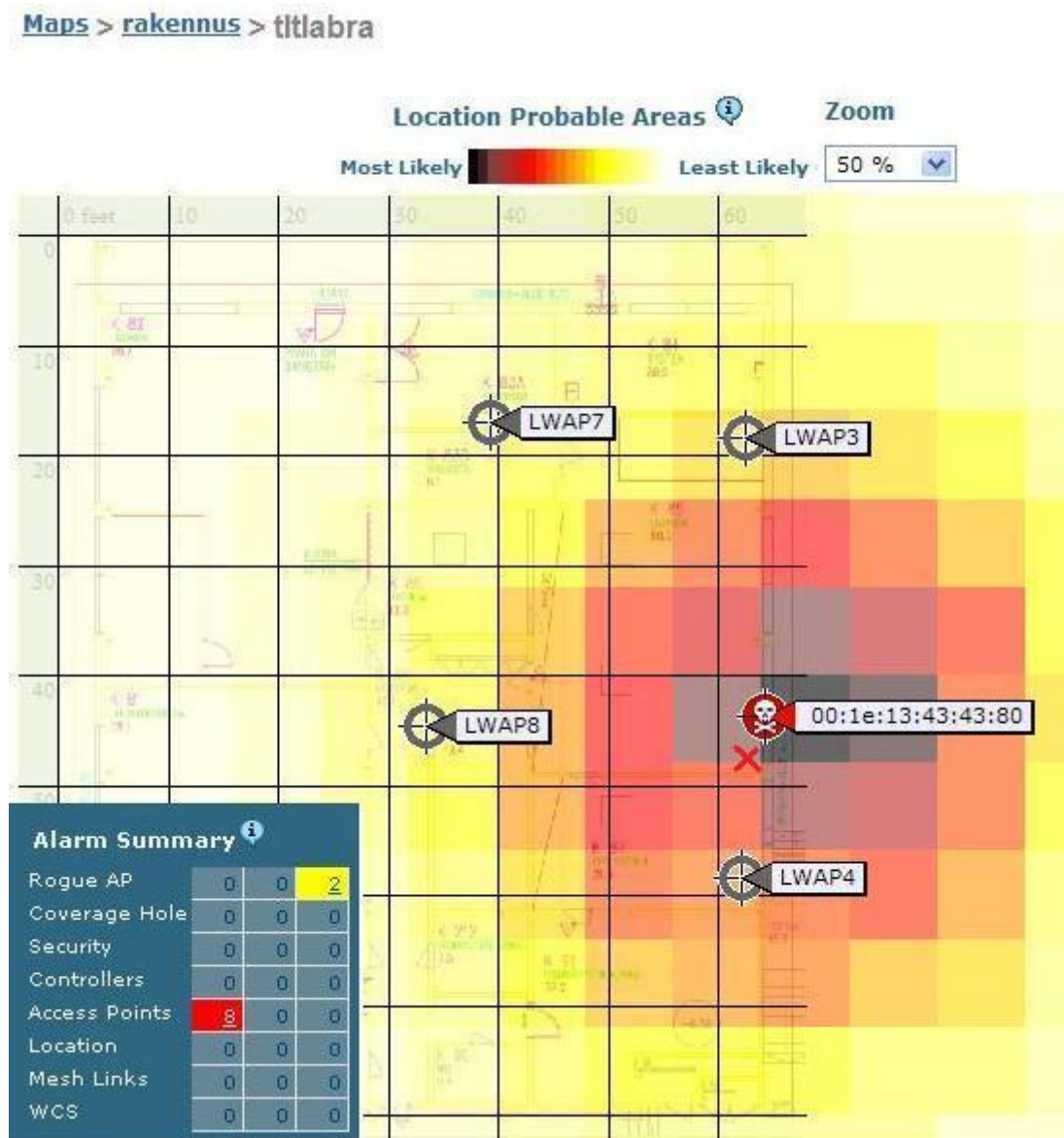
Kuvassa 13 käyttäjä on siirtynyt käytävälle tukiasemien muodostaman kehän ulkopuolelle. Kyseessä on vaikea paikannus, jonka tarkkuudeksi saatiin 2 - 3 metriä. Valitettavasti WCS sijoitti paikannetun tietokoneen seinän väärälle puolelle, mikä pahentaa paikannuksen virhettä merkittävästi. Myös todennäköisemmän alueen keskus on liikaa vasemmalla, mikä viittaa siihen, että kartan seiniin lisätty signaalin vaimeneminen saattaa erota oikeasta tilanteesta. Paikannuksen tulos on joka tapauksessa kelvollinen, sillä samassa tilanteessa on saavutettu jopa noin 10 metrin paikannusvirheitä vaihteleviin suuntiin.

[Maps](#) > [rakennus](#) > titlilabra



Kuva 13: Vaikea paikannus.

Kuvassa 14 on paikannettu tunkeileva tukiasema. Tunkeilijan sijainti on määritelty vain noin metrin väärin eli riittävän tarkasti. Kuvassa 14 on myös lisätty jälkikäteen WCS-ohjelman etusivun Alarm Summary -taulukko, jonka Rogue AP -kohdan kahdesta lievästä hälytyksestä saa klikkaamalla lisää tietoa. Valituista tiedoista löytää nopeasti myös linkin hälytyksen aiheuttaneen laitteen paikannukseen.



Kuva 14: Tunkeilevan tukiaseman paikannus.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Wireless Control System -ohjelman paikannusominaisuudet ilman Location Appliance paikannusmoottoria ovat turhan rajalliset työn alkuperäisiin tavoitteisiin nähden, sillä reaaliaikaista paikantamista ei ole käytettävissä. Lisärajoituksia aiheutui myös siitä, että vain yhtä laitetta voidaan paikantaa kerralla.

Tarkkaan paikannustulokseen kuitenkin pääsee, kunhan itse paikannettava laite sijaitsee tukiasemien maantieteellisen alueen kehän sisäpuolella erinomaisella signaalin kuuluvuusalueella, jolloin paikannuksen tarkkuudeksi saavutetaan usein noin 2 metriä. Hyvissä olosuhteissa tehdyissä paikannuksissa saattaa tuloksiin silti tulla ylimääräistä satunnaista heittoa jopa 6 metriä. Kun suoritetaan useita peräkkäisiä paikannustoimin-

toja samasta tilanteesta, huomataan, että ensimmäinen tulos on usein selvästi huonoin. Seuraavilla paikannuskerroilla tarkkuus on normaalisti selvästi ensimmäistä yritystä parempi, mikä luultavasti johtuu siitä, että WCS ehtii kerätä signaalin kuuluvuuden dataa kauemmin. Juuri edellä mainitun kaltaisia tuloksia on esitetty muun muassa Hakulisen kandidaatintyössä, vaikka hänen käyttämä paikannusjärjestelmänsä on hyvin erilainen (11).

Paikannustulokset jäävät riittämättömiksi, kun paikannettava tietokone ei olekaan tukiasemien kehän sisäpuolella. Tällöin voidaankin puhua paikannuksen epätarkkuudesta, mitä ilmenee jopa noin 10 metriä. Näissä huonoissa tilanteissa kohtalaiseen 3 - 6 metrin paikannustulokseen pääsee noin 50 %:ssa tapauksista.

Wireless Control System -ohjelman avuksi paikantamisessa tarvitaan ehdottomasti Location Appliance -palvelin tai joku toinen järjestelmä reaaliaikaisen paikkatieton saamiseksi. Ilman reaaliaikaisuutta ollaan helposti ongelmissa, sillä vain yhden tunkeilevan laitteen paikantaminen kartalta on kerrallaan hidasta sekä usein myös epäkäytännöllistä ja puuduttavaa työtä. Paikantamisen aikana ei myöskään pysty seuraamaan muita WCS:n tapahtumia samasta ikkunasta eli mahdollisia ongelmia ei heti huomata.

Wireless Control System -ohjelman demolisenssillä ei saa joitain verkossa tapahtuvien muutoksien päivitysnopeuksia tarpeeksi nopeiksi. Esimerkiksi käyttäjien tiedot päivittyvät parhaimmillaan 10 minuutin välein. Myös muita edellä mainitun kaltaisia kankeuksia esiintyy. Työn mahdollisesti ärsyttävin ongelma WCS:llä on, että a-radio ei toimi, vaikka sen pystyy ottamaan käyttöön.

Kontrollerin selainpohjaisella käyttöliittymällä tiedot näkyivät yleisesti selvästi, nopeasti ja helposti. Väitänkin, että keskitetyssä järjestelmässä WCS-ohjelmaa tarvitaan vasta, kun halutaan hallita oikein isoja langattomia verkkoja tai tarvitaan laitteiden paikkatieto-ominaisuutta.

Kokonaisuudessaan paikantamisen tarkkuus jäi koulun laboratorio-oloissa hieman alle odotusten, mikä johtui satunnaisista tulosten epätarkkuuksista. Tosin myös hyviinkin tuloksiin päästiin. Isompi ympäristö verkolle, toisin sanoen isommat etäisyydet voisivat tarjota paremman kuvan paikantamisesta, mikäli demolisenssin 10 metrin etäisyysrajoitus tukiasemilta ei aiheuta ongelmia.

LÄHTEET

1. Puska, M. 2005. Langattomat lähiverkot. Helsinki: Talentum.
2. Danielyan, E. 2002. The Internet Protocol Journal - Volume 5, Number 1. IEEE 802.11. http://www.cisco.com/web/about/ac123/ac147/archived_issues/ipj_5-1/ieee.html [Viitattu 11.4.2010].
3. Cisco. 2007. 802.11n: The Next Generation of Wireless Performance. http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5678/ps6973/ps8382/prod_white_paper0900aecd806b8ce7_ns767_Networking_Solutions_White_Paper.html [Viitattu 11.4.2010].
4. Cisco. 2007. Cisco Wireless Control System Configuration Guide Release 4.2: <http://www.cisco.com/en/US/docs/wireless/wcs/4.2/configuration/guide/wcs42cg.html> [Viitattu 8.2.2010].
5. Cisco. 2007. Cisco 440X Series Wireless LAN Controllers Deployment Guide: <http://www.cisco.com/en/US/docs/wireless/technology/controller/deployment/guide/dep.html> [Viitattu 24.3.2010].
6. Cisco. 2009. Cisco 4400 Series Wireless LAN Controllers. Wireless LAN Controller (WLC) FAQ: http://www.cisco.com/en/US/products/ps6366/products_qanda_item09186a008064a991.shtml [Viitattu 24.3.2010].
7. WCS-ohjelman toimintamalli. http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5755/ps6301/ps6305/product_data_sheet0900aecd802570d0.html [Viitattu 30.9.2009].
8. Rytsy, A. 2006. Wlan paikallistaa langattomasti : Wlan-paikannus. Puhelin, 2006. Vol.56, nro 1, s. 9.

9. Cisco. 2008. Wi-Fi Location-Based Services 4.1 Design Guide - Best Practices—Location-Aware WLAN Design Considerations.
<http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Enterprise/Mobility/wifich5.html> [Viitattu 11.4.2010].
10. Heino, P. 2009. Paikannuspalvelut WLAN-ympäristössä. Käytännön kokemuksia toteutuksista. Cisco Expo.
11. Hakulinen, L. 2006. WLAN-pohjaiset paikannusjärjestelmät – Käyttäjän päätelaitteen paikantaminen tukiaseman signaalivoimakkuuden perusteella. Tekniikan kandidaatintyö.
12. Cohen, A. 2004. RF fingerprinting pinpoints location:
<http://www.networkworld.com/news/tech/2004/101104techupdate.html> [Viitattu 3.4.2010].

KONFIGURAATIO

R1#show run

```
hostname R1
```

```
!
```

```
ip dhcp excluded-address 172.16.1.1 172.16.1.150
```

```
ip dhcp excluded-address 172.16.2.1 172.16.2.150
```

```
ip dhcp excluded-address 172.16.3.1 172.16.3.150
```

```
ip dhcp excluded-address 172.16.10.1 172.16.10.150
```

```
ip dhcp excluded-address 172.16.50.1 172.16.50.150
```

```
ip dhcp excluded-address 172.16.100.1 172.16.100.150
```

```
!
```

```
ip dhcp pool pool1
```

```
    network 172.16.1.0 255.255.255.0
```

```
    default-router 172.16.1.1
```

```
!
```

```
ip dhcp pool pool2
```

```
    network 172.16.2.0 255.255.255.0
```

```
    default-router 172.16.2.1
```

```
!
```

```
ip dhcp pool pool3
```

```
    network 172.16.3.0 255.255.255.0
```

```
    default-router 172.16.3.1
```

```
!
```

```
ip dhcp pool pool10
```

```
    network 172.16.10.0 255.255.255.0
```

```
    default-router 172.16.10.1
```

```
!
```

```
ip dhcp pool pool50
```

```
    network 172.16.50.0 255.255.255.0
```

```
    default-router 172.16.50.1
```

```
    option 43 hex f104.ac10.6464
```

```
    option 60 ascii "Cisco AP c1200"
```

```
!  
ip dhcp pool pool100  
    network 172.16.100.0 255.255.255.0  
    default-router 172.16.100.1  
!  
interface FastEthernet0/0  
no shutdown  
!  
interface FastEthernet0/0.10  
    encapsulation dot1Q 10  
    ip address 172.16.10.1 255.255.255.0  
!  
interface FastEthernet0/0.50  
    encapsulation dot1Q 50  
    ip address 172.16.50.1 255.255.255.0  
!  
interface wlan-controller1/0  
    ip address 172.16.1.1 255.255.255.0  
no shutdown  
!  
interface wlan-controller1/0.2  
    encapsulation dot1Q 2  
    ip address 172.16.2.1 255.255.255.0  
!  
interface wlan-controller1/0.3  
    encapsulation dot1Q 3  
    ip address 172.16.3.1 255.255.255.0  
!  
interface wlan-controller1/0.100  
    encapsulation dot1Q 100  
    ip address 172.16.100.1 255.255.255.0  
!  
end
```

ALS1#sh run

hostname ALS1

!

vtp domain cisco

vtp mode transparent

!

vlan 10,50

!

interface FastEthernet0/1

switchport trunk encapsulation dot1q

switchport mode trunk

!

interface FastEthernet0/4

switchport access vlan 10

switchport mode access

!

interface FastEthernet0/5

switchport access vlan 50

switchport mode access

spanning-tree portfast

!

interface FastEthernet0/6

switchport access vlan 10

switchport mode access

spanning-tree portfast

!

interface FastEthernet0/11

switchport trunk encapsulation dot1q

switchport mode trunk

!

end

ALS2#sh run

hostname ALS2

!

vtp domain cisco

vtp mode transparent

!

vlan 10,50

!

interface FastEthernet0/5

switchport access vlan 50

switchport mode access

spanning-tree portfast

!

interface FastEthernet0/7

switchport access vlan 50

switchport mode access

spanning-tree portfast

!

interface FastEthernet0/11

switchport trunk encapsulation dot1q

switchport mode trunk

!

end